

Niko Manninen

Sähkölaboratorion suunnittelu

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Sähköinsinööri
Sähkötekniikka
Opinnäytetyö
01.04.2013

Tekijä Otsikko	Niko Manninen Sähkölaboratorion suunnittelu
Sivumäärä Aika	32 sivua 1.4.2013
Tutkinto	Sähköinsinööri
Koulutusohjelma	Tekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja	Teknologiapäällikkö Arja Ristola
<p>Tässä opinnäytetyössä suunniteltiin uusi sähkölaboratorio Metropolia Ammattikorkeakoululle. Metropolia on keskittämässä toimintojaan neljään kampukseen ja toiminta Albertinkadun toimipisteessä on loppumassa. Tästä syystä oppilaitoksella on tarve uuden laboratorion suunnitteluun.</p> <p>Sähkölaboratorion suunnittelu aloitettiin palaverilla Metropolian sähkötekniikan opettajien kanssa. Tästä palaverista saatiin työhön suunta, jonka avulla suunnittelua lähdettiin tekemään.</p> <p>Suunnittelussa perehdyttiin aluksi standardeihin ja määräyksiin, jotka määrittelevät sähköturvallisuutta ja työskentelyä sähkölaboratorioissa. Standardeista saadun ohjeistuksen jälkeen suunniteltiin laboratoriotila ja käytiin sähkölaboratorion laitteistoa läpi. Tämän jälkeen valikoitiin työpisteille kalusteet ja sijoiteltiin ne ehdotettuun <i>layoutiin</i> laboratoriotilaan. Viimeisenä tehtiin sähkösuunnitelma ja kaapeleiden mitoitus, kun tiedettiin laboratorion malli ja työpisteiden paikat.</p> <p>Suunnittelun tuloksena saatiin suunnitelma uudesta sähkölaboratoriosta ja sen kalustuksesta. Suunnittelussa ei pidä väheksyä tilan monikäyttöisyyttä ja sen mahdollisuuksia korkeampaan käyttöasteeseen kuin normaaleilla sähkölaboratorioilla. Ei myöskään pidä unohtaa sähköturvallisuutta oppilaitosolosuhteissa ja sen toimivuutta käytännön tasolla, pienillä ratkaisuilla sitäkin voidaan parantaa.</p>	
Avainsanat	sähkölaboratorio, standardi

Author Title	Niko Manninen Designing of an Electric Laboratory
Number of Pages Date	32 pages 1 April 2013
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructor	Arja Ristola, Technology Manager
<p>In this thesis, a new electric laboratory for the Helsinki Metropolia University of Applied Sciences was designed. Metropolia is focusing its activities on four campuses and the use of Albertinkatu premises will end. For this reason, there is need to design a new electric laboratory.</p> <p>The electric Laboratory design was started with meetings with electrical engineering teachers of Metropolia. This gave the work a direction to start the design.</p> <p>First, standards and regulations that define the electrical safety and electrical work in the laboratories were studied. Then, laboratory facilities and laboratory equipment were explored. After this, work stations were selected for the furniture and they were placed in the proposed layout of the laboratory space. Finally, when the laboratory model and the workstation locations were clear, electric plan and cable dimensions were taken care of.</p> <p>The design resulted in a plan for a new electric laboratory and its fixtures and fittings. The design must not forget versatility of use and a higher degree of use than normal electric laboratories. Nor should electrical safety in a school environment and its effectiveness on practical level be forgotten. Small solutions can improve this even more.</p>	
Keywords	Electric laboratory, standard

Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Oppilaitoksen sähkölaboratoriotila	2
2.1	Metropolian sähkötekniikan koulutusohjelman sähkölaboratorio	2
2.2	Uusi sähkölaboratorio	3
3	Sähkölaboratorion suunnittelun lähtökohdat	4
3.1	Sähkölaboratorion turvallisuus	4
3.2	Sähkölaboratorion perussuojaus	5
3.3	Vikasuojaus	6
3.4	Hätäkytkennät	7
3.5	Sähkölaboratorion tarkastukset	8
4	Sähkölaboratorion suunnitteluprosessi	8
4.1	Tarpeiden selvittäminen suunnittelua varten	8
4.2	Tilan suunnittelun perusteet	9
4.3	Kalustuksen suunnittelun perusta	9
4.4	Sähkösuunnittelun perusta	9
5	Sähkötekniikan uusi sähkölaboratorio	10
5.1	Projektin aloitus ja vaatimukset	10
5.2	Sähkölaboratoriotilan suunnittelu	10
5.3	Sähkölaboratorion laitteistoa	13
5.4	Sähkölaboratorion kalusteet	15
5.5	Laitteiston ja kalusteiden sijoittelu	19
5.6	Sähkölaboratorion sähkösuunnittelu	21
5.6.1	Sähkösuunnittelu	21

5.6.2	Syötön mitoitus 30 kW:n moottorille	23
5.6.3	Sähkökeskuksen syötön mitoitus	28
5.7	Sähkötilan siivoaminen	29
6	Yhteenveto	30
	Lähteet	31

1 Johdanto

Tämä insinöörityö on tehty Metropolia Ammattikorkeakoululle, joka on Suomen suurin ammattikorkeakoulu. Työssä suunnitellaan uusi sähkölaboratorio sähkötekniikan tarpeisiin. Albertinkadulla Helsingin keskustassa on vanha sähkölaboratorio. Uusi laboratorio korvaa vanhan, joka on tiloiltaan ja sähkön mitoitukseltaan liian pieni nykyisiin tarpeisiin. Uuden sähkölaboratorion suunnittelua tukee myös sähköosaston muutto tulevaisuudessa uusiin tiloihin.

Tässä työssä käydään läpi uuden sähkölaboratorion suunnittelua, kalustusta ja vanhan sähkölaboratorion ongelmien ratkaisua, perehtymättä budjettiin tai kustannuksiin. Suunnittelulla pyritään luomaan mahdollisimman monipuolinen ja monikäyttöinen tila, joka mahdollistaa mahdollisimman korkean käyttöasteen. Tarkoituksena on keskittyä sähkönsyötön haasteisiin sekä moderneihin ja monikäyttöisiin laboratoriokalusteisiin.

Varsinainen tila luo pohjan toiminnalle, mutta hyvällä suunnittelulla siitä saadaan mielekäs ja monikäyttöinen.

2 Oppilaitoksen sähkölaboratoriotila

Oppilaitoksen sähkölaboratorio on tila, jossa tehdään erilaisia mittauksia ja kokeita. Sähkölaboratoriossa mittauksen kohteena on sähkö ja siihen liittyvät muutostilat ja tilanteet. Sähköä analysoidaan oskilloskoopeilla ja erilaisilla sähköä mittaavilla laitteilla.

Sähköstä mitataan jännitettä, virtaa, taajuutta ja yliaaltoja. Näistä mittaustuloksista saadaan suoraan tai laskemalla tehtyä erilaisia päätelmiä ja pystytään analysoimaan sähkönlaatua matemaattisesti sekä laboratoriossa suoraan mittauksilla. Sähkölaboratoriossa mitattavina kohteina ovat moottorit, generaattorit, vastukset, kondensaattorit, kelat, releet ja muuntajat. Näillä saadaan simuloitua erilaisia sähköverkkoja ja vikatilanteita, joita esiintyy normaaleissa käyttöolosuhteissa.

Sähkölaboratoriossa olevat laitteet vaativat paljon tilaa, ja mittausjärjestelyt voivat kasvattaa tilan tarvetta. Niinpä laitteita ei voida sijoittaa normaalikokoiseen luokkaan, vaan tarvitaan pientä- tai keskikokoista hallia. Pelkkä tilatarpeen tyydyttäminen ei yksinään riitä. Sähkötelineet tarvitsevat mittavamman sähkönsyötön kuin normaali laboratorio. Esimerkiksi moottorit vaativat suuremmat sulakekoot ja syötöt kuin normaaliin laboratorioon rakennettaisiin.

2.1 Metropolian sähkötekniikan koulutusohjelman sähkölaboratorio

Nykyinen sähkötekniikanlaboratorio sijaitsee Metropolia Ammattikorkeakoulun tiloissa Albertinkadulla. Albertinkadun rakennus on teollisentuotannon klusteriin kuuluvan sähkötekniikan koulutusohjelman käytössä. Rakennus on valmistunut vuonna 1925.

Laboratoriotila on 25 x 12 m, joka nykyisellään on liian pieni. Tila on ahdas, ja sen koko aiheuttaa ongelmia laitteiden sijoittelussa sekä työskentelyssä. Ongelma on, ettei tilaa voi muunnella rakennusteknisesti, koska rakennus kuuluu museoviraston suojeluksessa oleviin rakennuksiin. Tämä taas aiheuttaa logistisia ongelmia tilan ahtauden ja ovien koon vuoksi. Ovista ei pystytäkään tuomaan tilaan suuria laitteita, mikä rajoittaa työskentelyssä käytettävien laitteiden määrää ja kokoa.

Nykyisessä laboratoriotilassa pidetään sähkökonelaboratioita, joissa tutkitaan sähkökoneisiin liittyviä ilmiöitä. Muita sähköön liittyviä laboratoriokursseja ovat

sähkökäyttöjen-, sähkömittaustekniikan- ja tehoelektroniikanlaboraatiot. Nämä opintojaksototeutukset järjestetään kuitenkin eri tiloissa. Usean tilan pitäminen vähäisessä käytössä ei ole optimaalista oppilaitokselle. Olisi ideaalista, että sähköön liittyvät laboratoriotyöt tehtäisiin samassa tilassa. Tällöin säästettäisiin tilaa ja nostettaisiin tilan käyttöastetta.

Sähkökonelaboraatioihin kuuluu myös ns. dieselaggregaattityö. Tarkoituksena on tuottaa sähköä dieselmoottorin avulla, mikä pyörittää generaattoria. Dieselaggregaatti on eri tiloissa Eerikinkadun toimipisteessä tilan puutteen vuoksi.

Sähkölaboratorion sähkönsyöttö on alimitoitettu nykyisille laitteille. Alimitoitus aiheuttaa sen, ettei suurinta 25 kW:n moottoria voida käyttää täydellä teholla.

2.2 Uusi sähkölaboratorio

Sähkövoimatekniikan opettajat kutsuttiin 1.2.2012 keskustelemaan toiveista, jotka koskevat uutta sähkölaboratoriota. Tässä insinööriyössä on suunniteltu uusi sähkölaboratorio huomioimalla turvallisuus ja opettajien esittämät toivomukset. Metropoliassa on tehty päätös neljästä kampuksesta, mikä tarkoittaa, että opetus loppuu Albertinkadulla, ja tarve uudelle sähkölaboratoriolle on ilmeinen.

Uuden sähkölaboratorio tilan tulee olla 2 - 3 kertaa vanhaa tilaa suurempi, ja tilan muunneltavuus on tärkeitä. Tilassa tulee olla suuret ovet, jotta kuorma-autolla voidaan peruuttaa sisään lastin purkamista varten. Tilaan tarvitaan teollisuusnostin, joka kulkee katonrajassa tilan päästä päähän kiskoilla ja on ulotettavissa koko tilaan.

Laborioryöypisteiden ja -koejärjestelyjen sijoittelu tulee hoitaa tavalla, joka tukee paremmin mittauksia ja työskentelyä. Tilan pitäisi olla muunneltavissa helposti erilaisia sähkölaboratoriomittauksia varten, jolloin yhdessä tilassa voidaan järjestää eri opintojaksoja samassa periodissa. Kurssit, jotka voidaan pitää sähkölaboratoriossa ovat sähkökäyttöjen-, sähkömittaustekniikan- ja tehoelektroniikanlaboraatiot. Tällöin tilasta saadaan monikäyttöinen ja kustannustehokas.

Sähkökoneille tulee mitoittaa tarpeeksi suuret syötöt, jotta nykyisiä sekä tulevaisuudessa hankittavia laitteita voidaan hyödyntää sataprosenttisesti. Syöttöjen

mitoituksessa moottorin kooksi arvioidaan, tulevaisuus huomioon ottamalla 30 kW. Tilaan tulee myös varata oma tila dieselaggregaatille pakokaasunpoistolla. Dieselaggregaattimittaukset on voitava suorittaa erillään muusta laboratoriotyöskentelystä.

3 Sähkölaboratorion suunnittelun lähtökohdat

Suunnittelu on syytä aloittaa perehtymällä sähkölaboratoriota koskeviin määräyksiin, standardeihin ja ohjeisiin. Näin voidaan varmistaa, että laboratorio on standardien ja määräysten mukaan.

Standardi SFS 6000-8-803 määrää sähkölaboratorioissa, joissa esiintyy kosketeltavana SFS-IEC 60449:n mukaisia luokan II jännitteitä ($50 \text{ V AC} < U \leq 1\,000 \text{ V AC}$ tai $120 \text{ V DC} < U \leq 1\,500 \text{ V DC}$). Annettaessa oppilaitosten luokka- tai työsalitiloissa valmentavaa tai perehdyttävää käytännönkoulutusta töihin, joissa esiintyy sähköiskun vaara (laboratoriotyöskentely, asennus- ja mittausharjoitukset, yms.) tulee näiden tilojen sähköasennuksissa noudattaa tämän standardin vaatimuksia, mikäli kosketeltavana esiintyy luokan II jännitteitä. [1.]

3.1 Sähkölaboratorion turvallisuus

Sähkölaboratorio on järjestettävä siten, ettei sinne ole pääsyä maallikoilla. Maallikot saavat päästä tiloihin ainoastaan ammattitaitoisten tai opastettujen henkilöiden valvomana. Sähkölaboratorioiden ovet tai vastaavat kulkutiet on varustettava kilvillä (kuva 1), jotka kieltävät asiattomien pääsyn näihin tiloihin.



Kuva 1. Pääsy sivullisilta kielletty -merkkikyltti

Tilaan on myös sijoitettava sopiviin paikkoihin sähkötapaturman ensiapuohjeet (kuva 2) sekä hätäkeskuksen puhelinnumero. [2; 3.]



Kuva 2. Ohje sähkötapaturman sattuessa -merkikyltti

3.2 Sähkölaboratorion perussuojaus

Sähkölaboratorion töiden luonteen vuoksi ei aina voida käyttää perussuojausta eristyksen tai koteloinnin avulla. Työt pitää suorittaa mahdollisuuksien mukaan kosketussuojattuna (varustettuna perussuojauksella). Jos jonkin toimenpiteen suoritus ei onnistu täysin kosketussuojattuna, pitää käyttää mahdollisuuksien mukaan tilapäisiä

suojaus- tai esteitä. Mittauksissa käytettävissä työkaluissa täytyy kuitenkin käyttää eristystä tai kotelointia laitteiden normaalien rakennestandardien mukaisesti.

Tilapäisissä kytkennöissä käytettäväksi suositellaan kytkentä- ja mittausjohtimia, jotka yleisesti on suojattu vahingossa tapahtuvalta koskettamiselta. Oppilaitostiloissa tällaiset johtimet ovat pakollisia, ja paljaiden naparuuvien käyttö on kielletty. Laboratoriossa käytettäviä mittapäitä ja virtapihtejä koskevat standardit ovat EN 61010-2-031 ja EN 61010-2-032.

Jos sähkölaboratoriossa testausten yhteydessä esiintyy jännitealueen II ylittäviä jännitteitä, on koepaikka erotettava muusta tilasta pysyvästi tai tilapäisesti. Erottaminen tulee tehdä standardin SFS-EN 50191 mukaisesti. [2.]

3.3 Vikasuojaus

SFS 6000-8-803 pienjänniteasennukset, sähkölaitekorjaamot ja laboratoriot määrittelee kohdassa 803.411 vikasuojauksen seuraavasti:

Vikasuojauksella voidaan suojautua vaaratilanteilta, jotka aiheutuvat jännitteisten osien tai vikatapauksessa jännitteisiksi tulleiden jännitteelle alttiiden osien ja maan potentiaalisissa olevien osien samanaikaisesta koskettamisesta.

Vikasuojauksella ei kuitenkaan pystytä suojautumaan jännitteisen osan ja nollajohtimen tai kahden eri vaiheessa olevan jännitteisen osan koskettamiselta.

Sähkölaboratorion vikasuojaus on toteutettavissa kahdella eri menetelmällä. Vaihtoehtoina ovat suojaerotus ja syötön automaattinen poiskytkentä, jossa käytetään mitoitusvirraltaan enintään 30 mA:n vikavirtasuojaa. Suojaerotusta käytettäessä vikasuojauksena on suojaerotusmuuntajan täytettävä standardin EN 61558-2-6 vaatimukset. Muuntaja pitää varustaa oikosulkusuojauksella sekä poiskytkennällä tai vaihtoehtoisesti hälyttävällä ylikuormitussuojauksella.

Vikasuojausena sähkölaboratoriossa voidaan käyttää seuraavia menetelmiä:

SUOJAEROTUKSEN KÄYTTÖ:

Suojaerotus on ensisijainen korjattavana olevan, puutteellisesti kosketussuojatun laitteen syöttämiseen käytettävä menetelmä. Suojaerotukseen saa liittää vain yhden korjattavan laitteen. Suojaerotus on ainoa tapa, jolla voidaan liittää suojausluokan 0 laite.

SYÖTÖN AUTOMAATTINEN POISKYTKENTÄ KÄYTTÄEN MITOITUSVIRRALTAAN ENINTÄÄN 30mA VIKAVIRTASUOJAA:

Syötön automaattista poiskytkentää mitoitusvirraltaan enintään 30 mA vikavirtasuojan avulla voidaan käyttää kaikkiin sähkölaitekorjaamon tai sähkölaboratorion laitteiden syöttöihin. Vikavirtasuojaa voidaan käyttää puutteellisesti kosketussuojatun laitteen syöttöön silloin, kun suojaerotuksen käyttö ei ole kohtuullisen helposti toteutettavissa, esim. liitettävän laitteen tehon ollessa yli 2 kVA.

Vikasuojausta voidaan täydentää sähkölaboratorioiden testauspaikoilla lattioiden ja pöytien kosketeltavien pintojen resistansseilla. Resistanssin pitää olla yli 50 k Ω enintään 500 V:n nimellisjännitteellä ja 100 k Ω nimellisjännitteen ollessa yli 500 V, mutta enintään 1 000 V:n vaihtojännitettä tai 1 500 V:n tasajännitettä. Suuremmille jännitteen arvoille eristystaso määritellään erikseen. Työpöydissä runkorakenne voi olla metallia, kunhan ne eivät ole johtavassa yhteydessä maahan.

Huomioitavaa on se, ettei eristävän lattian ja työpintojen käyttö ole varsinainen vikajännitesuojausmenetelmä, vaan se lisää turvallisuutta muita suojausmenetelmiä käytettäessä. [4.]

3.4 Hätäkytkennät

Sähkölaboratorion työskentelyalueella jännite on voitava katkaista erotuskytkimellä kaikista syöttöjohtimista tilanteen sitä vaatiessa. Oppilaitoksissa erotuskytkinten on oltava lukittavissa olevaa mallia, jolla estetään oppilaiden työskentely ilman valvontaa.

Hätäkytkentää varten on oltava laitteet, joilla voidaan nopeasti kytkeä pois täysi kuormitusvirta työskentelyalueelta. Kytkimen on oltava helposti luoksepäästävissä ja tunnistettavissa käyttämällä punaista väriä kontrastin luovaa taustaa vasten. [5;6.]



Kuva 3. Hätäseis-kytkin [7.]

3.5 Sähkölaboratorion tarkastukset

Sähkölaboratoriossa on suoritettava korjaus- ja testauspaikoille normaali sähköasennusten käyttöönottotarkastus. Huoltojen ja kunnossapidon jälkeen tehdään aina tarkastukset, jonka lisäksi tehdään määrävälein tarkastuksia ja testauksia. Näiden tarkoituksena on varmistaa suojausten toimivuus. [8.]

4 Sähkölaboratorion suunnitteluprosessi

4.1 Tarpeiden selvittäminen suunnittelua varten

Suunnitteluprosessi lähtee käyntiin palaverista, joissa suunnittelija ja tilaaja selvittävät tilaajan tarpeet suunniteltavaan kohteeseen. Palaverissa käydään läpi, mitä tilaaja haluaa uuteen tilaan, laitteiden määrää ja kokoa, kalustusta, erikoistiloja, muunneltavuutta annetun budjetin rajoissa. Tarkoituksena on selvittää mahdollisimman tarkasti, millaiseen käyttöön suunniteltava tila tulee, onko mahdollisesti tarvetta normaalia korkeampaan tilaan, tarvitaanko nostaa painavia kuormia, jolloin jokin nostolaite on mahdollisesti tarpeellinen, tuleeko tilaan suuria tavaroita, jotka eivät

mahdu normaalin kokoisista ovista, tarvitseeko jokin laite normaalia enemmän sähköä. Kaikki asiat selvitetään ennen tilan suunnittelun aloitusta, jotta suunnittelu olisi helpompaa ja saataisiin toivottu lopputulos.

4.2 Tilan suunnittelun perusteet

Tilan suunnittelu alkaa tilan hahmottelusta. Lähtökohta suunnitteluun on saatu aiemmin käydyistä palaverista. Suunnittelussa on otettava huomioon erikoistarpeet, jos niitä on, esim. korkeus, muunneltavuus ja suurien tavaroiden liikuteltavuus.

Tila, jossa täytyy pystyä liikuttelemaan suuria ja painavia tavaroita, vaatii monesti kiskoilla katonrajassa kulkevan hallinosturin. Nosturi vaatii itsessään jo korkean tilan, jossa toimia. Suurien tavaroiden sisään tuominen on hankalaa normaalikokoisesta ovesta. Tälläisiä tilanteita varten kannattaa jo suunnitteluvaiheessa pohtia suurempien ovien lisäämistä suunnitelmiin. Edellä mainitut asiat helpottavat myös tilan muunneltavuutta, koska tavaroita on helpompi siirrellä paikasta toiseen tai viedä pois. Hyvällä tilan suunnittelulla ja tarpeenmukaisella koneistuksella saadaan tilasta toimiva ja helppokäyttöinen.

4.3 Kalustuksen suunnittelun perusta

Kalustus valitaan tilaajan tarpeiden mukaan. Tilan käyttötarkoitus ja käyttöasteen määrä vaikuttavat kalustuksen monimuotoisuuteen. Korkean käyttöasteen tiloissa kannattaa valita mahdollisimman monipuoliset kalusteet, jotka muuntautuvat erilaisiin käyttötilanteisiin sopiviksi. Kannattaa myös pohtia, miten muut tavarat tilaan sijoittaa, että tilasta tulee mahdollisimman selkeä ja helppokulkuinen. Tilan käyttöasteen ollessa pienempi, kannattaa valita halvempia ratkaisuja, jotka voidaan helposti muuttaa tilan käyttötarkoituksen muuttuessa.

4.4 Sähkösuunnittelun perusta

Sähkösuunnittelu aloitetaan tilan- ja kalustussuunnittelun jälkeen. Tällöin saadaan suunniteltua sähköpisteet oikeisiin paikkoihin, ja riittävästi. Sähkösuunnittelua voidaan muokata ja täydentää projektin edetessä. Tämä onkin varsin tavallista, kun

huomataankin, että jossain tilassa tarvitaankin enemmän sähköpisteitä, kuin alkuperäisissä suunnitelmissa on otettu huomioon.

5 Sähkötekniikan uusi sähkölaboratorio

Uutta sähkölaboratoriota suunnittelemaan lähdettäessä on perehdyttävä oppilaitoksen tarpeisiin ja siihen miten ne saadaan parhaiten ja turvallisesti toteutettua standardien mukaan.

5.1 Projektin aloitus ja vaatimukset

Projekti aloitetaan selvittämällä tarpeet ja toiveet sähkölaboratorion suhteen. Sähkölaboratorioon halutuista asioista tehdään lista ja seurataan sitä tilan suunnittelua tehdessä. Listaan kirjataan asiat, joita uuteen sähkölaboratorioon halutaan.

- tilan koon kasvattaminen 2 - 3 kertaiseksi
- syötön mitoitus 30 kW:n moottorille
- dieselaggregaatin sijoittaminen omaan tilaan
- monikäyttöiset uudet kalusteet
- tilojen muunneltavuus.

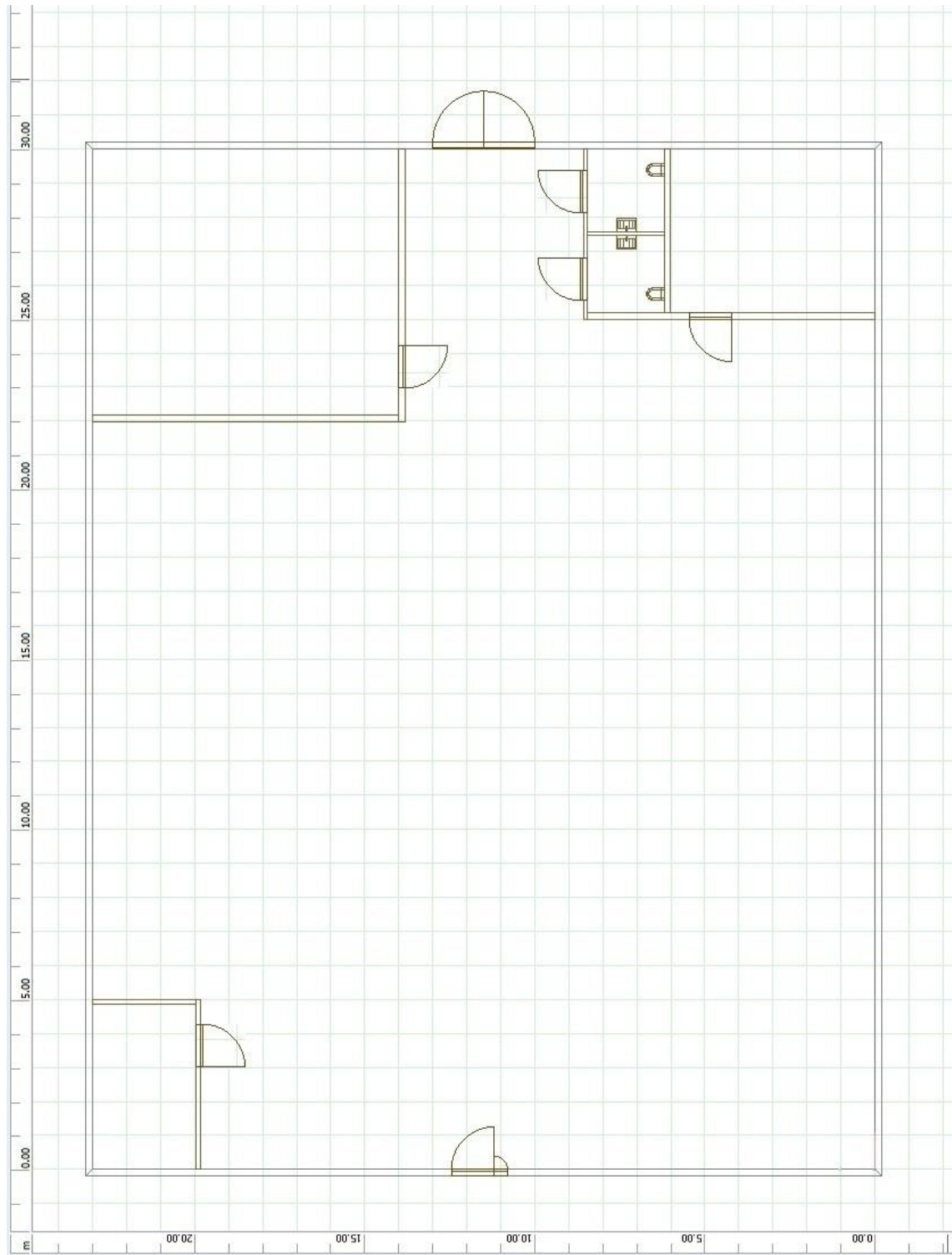
5.2 Sähkölaboratoriotilan suunnittelu

Tilan suunnittelu aloitetaan tilan pohjanmuodosta. Tilan mitoiksi valitaan 23 m x 30 m ja korkeudeksi 7 m, näin hallista ei tule liian pitkulainen muttei myöskään neliö. Suuri korkeus antaa mahdollisuuden rakentaa suuren parioven, josta tavarat saadaan tuotua kuorma-autolla sisään. Korkea tila mahdollistaa myös sen, että tilaan saadaan rakennettua teollisuusnosturi painavien tavaroiden siirtelyä varten. Suunnitellun tilan pinta-alaksi muodostuu 690 m², joka on 390 m² enemmän kuin nykyisessä sähkölaboratoriossa.

Tilaan suunnitellaan oma huone dieselaggregaatille, jossa mittaukset voidaan suorittaa erillään muusta tilasta. Dieselaggregaatin saaminen sähkölaboratorioon oli yksi ensisijaisista lähtökohdista suunnittelussa. Asia tuli esille heti ensimmäisessä opettajien kanssa pidetyssä tapaamisessa.

Tilaan on suunniteltu myös suurikokoinen varastotila ja oma tila sähkökaapille. Sähkökoneille tarvittavien syöttöjen vetäminen helpottuu, kun sähkökaappi ei ole pitkien matkojen päässä, hankalasti tavoitettavissa. Syöttöjen pituudet vaikuttavat myös kustannuksiin, kun kaapeleiden ei tarvitse olla niin pitkiä.

Kaapeleille rakennetaan omat kaapelihyllyt sähkökeskuksesta kiertämään laboratoriotilan reunustoja pitkin lähelle katonrajaa. Sähkökeskuksesta kaapelit menevät katonrajaan hyllylle, jota pitkin ne on helppo viedä seinänvierustan koneille. Työpisteille sähköt vedetään lattiassa olevista sähkökaivoista, jolloin vähennetään kaapeleiden vetämistä lattioilla. Samoihin sähkökaivoihin asennetaan myös atk-kaapeloinnit. (Kuva 4., ks. seur. s.)



Kuva 4. Sähkölaboratorion pohja

5.3 Sähkölaboratorion laitteistoa

Sähkölaboratoriossa on varsin suuri määrä erilaisia laitteita. Näitä laitteita ovat muun muassa moottorit, muuntajat, vastukset, kondensaattorit, kelat, releet, taajuusmuuttajat.

Teollisuuden energiankulutuksesta yli puolet kulkee sähkömoottoreiden läpi. Erilaisista sovelluksissa pumput ja puhaltimet ovat yleisimpiä. Sähkölaboratoriossa moottorit ovat mittausten kohteina kuormitettuina tai toimiessaan generaattoreina (Kuva.5).



Kuva 5. Sähkömoottoreita

Mittarit (Kuva.6) ovat sähkölaboratoriossa tärkeimpiä instrumenttejä. Näillä saadaan mitattua jännitettä, virtaa, taajuutta, tehoa jne. Mitatuista arvoista saadaan laskettua myös muita tietoja kuten moottorin momenttin. Mittarit, joita laboratoriossa käytetään, ovat yleensä yleismittareita. Käytössä on myös virta- , teho- ja jännitemittareita.



Kuva 6. Digitaalisia yleismittareita

Muuntajan tarkoitus on muuntaa jännitettä tai virtaa suuremmasta pienempään tai päinvastoin. Sähkölaboratoriossa on käytössä jännite- ja virtamuuntajia, kuvassa vasemmalla jännitemuuntaja (kuva.7).



Kuva 7. Vasemmalla muuntaja, oikealla taajuusmuuttaja

Taajuusmuuttajaa käytetään sähkömoottorin nopeuden säädössä esim. ilmanvaihdossa. Taajuusmuuttajia yllä olevassa kuvassa oikealla (kuva.7)

Vastus on yleisin sähkötekniinen komponentti. Vastuksia on erikokoisia (kuva.8). Kuvassa oleva vastus on säätövastus, jollaisia sähkölaboratoriossa käytetään monissa mittauksissa.



Kuva 8. Säätövastus

5.4 Sähkölaboratorion kalusteet

Kun lähdettiin suunnittelemaan uutta tilaa, samalla päätettiin uusia myös sähkölaboratorion työpöydät. Työpöytinä ei voida käyttää mitä tahansa pöytiä, vaan niiden tulee olla laboratorio-olosuhteisiin suunniteltuja ja kovaa käyttöä kestäviä työpisteitä. Lisäksi niihin on pystyttävä integroimaan laitteita, jolloin siirreltävien laitteiden määrä vähenee. Työpisteiden täytyy myös täyttää vaadittava standardi SFS 6000-8-803: 803.411 Vikasuojaus. Standardissa kehoitetaan täydentämään vikasuojausta työpöydillä, joissa kosketeltavien pintojen resistanssi on vähintään 50 k Ω enintään 500 V:n nimellisjännitteellä. Nimellisjännitteen ollessa yli 500 V ja enintään 1 000 V AC tai 1 500 V DC tulisi pinnan resistanssin olla 100 k Ω . [4.]

Työssä verrattiin kahta työpistemallia HELP10L20 ja HELP5L20, jotka fyysisiltä mitoiltaan ovat samankokoisia. Työpisteet ovat hyvin samankaltaisia ja moduulimärittään lähes samanlaiset sillä erotuksella, että ainoastaan HELP10L20:sta sähkölaboratorioon sopivamman tekee ulos vedettävät tasot ja parempi muunneltavuus. Kummatkin vakiomallit ovat suunniteltu käytettäväksi kannettavien tietokoneiden kanssa, mutta kumpaankin on saatavilla pöytä tietokoneelle sovituspaketti.

Työpöytämallistojen vertailun jälkeen parhaaksi osoittautui TEKLABin HELP10L20-sähkölaboratoriotyöpöytä. HELP10L20, lyhyemmin HELP10, on moottoroitu monitoimityöpiste, joka voidaan muuttaa laboratoriotyöskentelytilasta teoriaopetukseen sopivaksi työpöydäksi. Tämä onnistuu työpöydässä olevilla moottoreilla, joilla voidaan muuttaa paneeliosan korkeutta kolmeen eri tasoon. Perustaso on paneeliosa alhaalla, jolloin pöytää sopii teoriaopetukseen. Keskitasossa paneeliosa on noussut puoliksi ylös, jolloin voidaan käyttää mittareita ja jännitelähteitä. Täysin ylös ajettuna työpöydän sisällä on säilytystila, vaikka pienelle moottorille tai jollekin muulle laitteelle. (Kuva 9, ks. seur. s.) [9.]

HELP10



Help10 - työskentelytila



Help10 - teoriaopetustila

- Monikäyttöinen rakenne:
 - Laboratorioharjoitukset, tietotekniikan opetus ja teoria-tunnit yhdessä tilassa
 - Laitepaneeli varustettu nopeilla, hiljaisilla ja huoltovapailia sähkömoottoreilla
 - Säilytystilan mitat: 1780(L) x 420(S) x 370(K) mm
 - Paneeliosaa voidaan varustaa telineillä A4-opetussarjoille ja automaatioharjoitussarjoille
 - Erilaiset oppilaitosten omat harjoitussarjat voidaan integroida vetohyllyille
 - Vetohyllyissä turva-automaatiikka, joka estää moottoroidun paneelin ajamisen hyllyjen ollessa ulos vedettynä
 - Laitteet ja tarvikkeet ovat turvassa luvattomalta käytöltä, kun paneeliosaa on lukittu ala-asentoon
- Paneeliosaa voidaan ohjata sekä manuaalisella ohjaimella että TLC-ohjelmistolla
- Turvakytin moottoroidun paneeliosan ja pöytätason välissä
- ESD-maalattu teräsrunko
- Pöytäpinta laminaattipintainen ja reunalistoitettu pyöristetyillä muovilistalla, harmaa
- Optiona olevan ESD-tason pintalaminaatti ja sisus ovat puolijohtavia, puiset reunalistat
- Pöytätason kantavuus: 250 kg tasaista kuormaa
- Moduulirakenteinen laitepaneeli
 - Laitteita voidaan lisätä myöhemmin
 - Tyhjät moduulit on täytetty sikkupainetuilla, polykarbonaattipintailla teräslevyillä
- Säätötallat lattian epätasaisuuksien kompensoimiseksi
- Integroidut liitännät: 2 x Ethernet, 4 x pistorasia
- Voidaan liittää paikallisverkkoon ja käyttää TLC-ohjelmistojen kanssa
- Vakiomalli on suunniteltu käytettäväksi kannettavien tietokoneiden kanssa. Mikäli käytetään pöytätietokoneita, voidaan valita HELP10PC1/2-optiot

Työpiste, vakiotaso	Työpiste, ESD-taso	Pöytätason mitat, L x S (mm)	Moduulit, max.
HELP10L20	EHELP10L20	2000 x 1090	7

Optiot Help10-työpisteeseen	
HELP10SUPP	Jakaja varastotilaan
HELP10SH1	Kiinteä hylly paneeliin, 519(L) x 394(S) mm
HELP10SH2	Kiinteä hylly paneeliin, 1120(L) x 394(S) mm
HELP10SH3	Vetohylly paneeliin, 519(L) x 394(S) mm
HELP10SH4	Vetohylly paneeliin, 1120(L) x 394(S) mm
HELP10A4RACK	Ulos vedettävä teline A4-harjoitussarjoille ja automaatioharjoitussarjoille, 1120(L) x 394(S) mm
HELP10PC1	Luukku pöytätasoon näytön kaapeleita varten
HELP10PC2	2 luukkua pöytätasoon näytön kaapeleita varten
CPULUKIT5	PC-taso, sis. näppäimistö-/hiiritason, lukittava, 230 (L) x 430 (S) x 430 (K) mm
LOCK5RF	RF-ohjattu laboratorion lukitus / sähkönsyötön sammutus
ESD1-HELP	ESD-maadoitusvarustus
Laatikostot 30 / 45	Laatikostot kiinnitettäväksi pöytätason alle

Kuva 9. HELP10 [9]

HELP10 työpisteessä on paikka seitsemälle moduulille. Moduulivaihtoehtoja on TEKLAB:lla runsaasti.

Moduulivaihtoehdot ovat

- syöttöyksiköt
- säädettävät tasajännitelähteet
- kiinteät tasajännitelähteet
- 1-vaiheiset vaihtojännitelähteet
- 3-vaiheiset vaihtojännitelähteet
- huollettavan laitteen liitännät
- 3-vaiheiset AC-liitännät
- digitaaliset yleismittarit/LCR-mittarit
- funktiogeneraattorit
- analogiset / digitaaliset oskilloskoopit
- tehoanalyysaattorit
- RF-laitteet, kalibrointilaitteet, testauslaitteet ja juotoslaitteet.

Erilaisten moduulien määrä on suuri, ja koot vaihtelevat $\frac{1}{4}$ -moduulista $1\frac{1}{2}$ -moduuliin. Suurin osa moduuleista on $\frac{1}{2}$ - 1 moduulin kokoisia, joten erilaisia laitteita työpöytään saa integroitua varsin paljon. Työpöytään on myös saatavana optiona varaukset tietokoneille, koska nykypäivänä tietotekniikka on suuri osa työskentelyä.

Jos työpöydät varustetaan TLC-ohjelmistolla ja RF-ohjattavalla lukituksella, voidaan laboratoriopöydän säilytystilat lukita ja sähkönsyöttö sammuttaa. TLC on TEKLAB:n laboratorionhallintaohjelmisto, joka on kehitetty nimenomaan oppilaitosten tarpeisiin. Ohjelmiston avulla opettaja voi helposti hallita opetuspisteitä omalta tietokoneeltaan. Yhdistämällä TEKLAB:in monitoimityöpisteet TLC-ohjelmistoon saadaan opetustilasta monikäyttöisempi ja joustavampi. Opettaja voi oman työpisteen tietokoneelta

esiasetella arvot laboratoriotyöpisteiden koneille. Nämä ominaisuudet tekevät ohjelmistosta opettajalle tehokkaan ja helppokäyttöisen työkalun.

Ohjelmistosta on saatavilla kolme eri vaihtoehtoa: TLCLITE, -BASIC ja -PRO. Suunniteltavaan laboratorioon valitaan TLCBASIC-ohjelmisto. Sillä saa katkaistua sähköt ja lukittua työpöytät. Nämä ovat kaksi keskeisintä syytä valintaan. [9.]

Ohjelmistosta on saatavilla kolme versiota: TLCLITE, TLCBASIC ja TLCPRO.

TLCLITE ohjaa oppilaiden monitoimityöpisteitä:

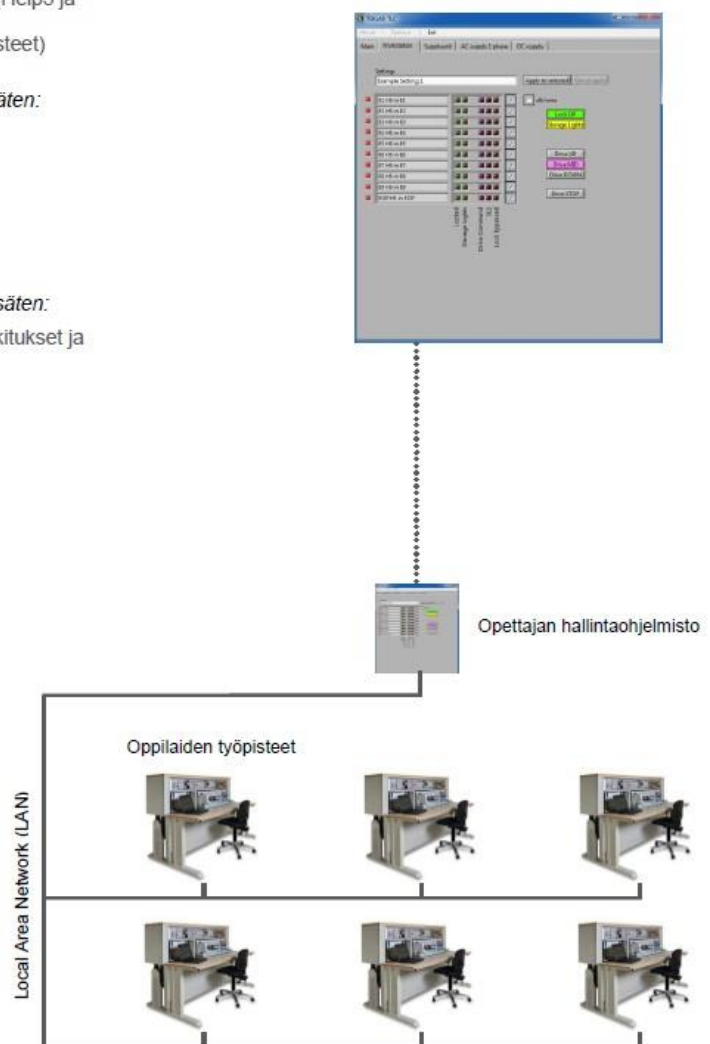
- Laitepaneelin ylös/keskelle/alas-ohjaukset (Help5 ja Help10 -työpisteet)
- Työpisteiden lukitus (Help5 ja Help10 -työpisteet)

TLCBASIC sisältää TLCLITE ominaisuudet lisäksi:

- Kytkeäntä lupa
- Sähköt päältä -ohjaus
- Sähköt päällä -tieto
- Häätä-seis -painiketieto
- Kutsupainike
- Turvallisuustestaus

TLCPRO sisältää yllä mainitut ominaisuudet lisäksi:

- Tasa- ja vaihtojännitelähteiden asetukset, lukitukset ja vikadiagnostiikka
- Mittauslaitteiden tilojen seuranta
- Laitteiden ryhmäohjaukset
- PC:iden hallinta ja valvonta
- Näyttöjen siirrot ja ohjaukset



Kuva 10. TLC-ominaisuudet [9]

5.5 Laitteiston ja kalusteiden sijoittelu

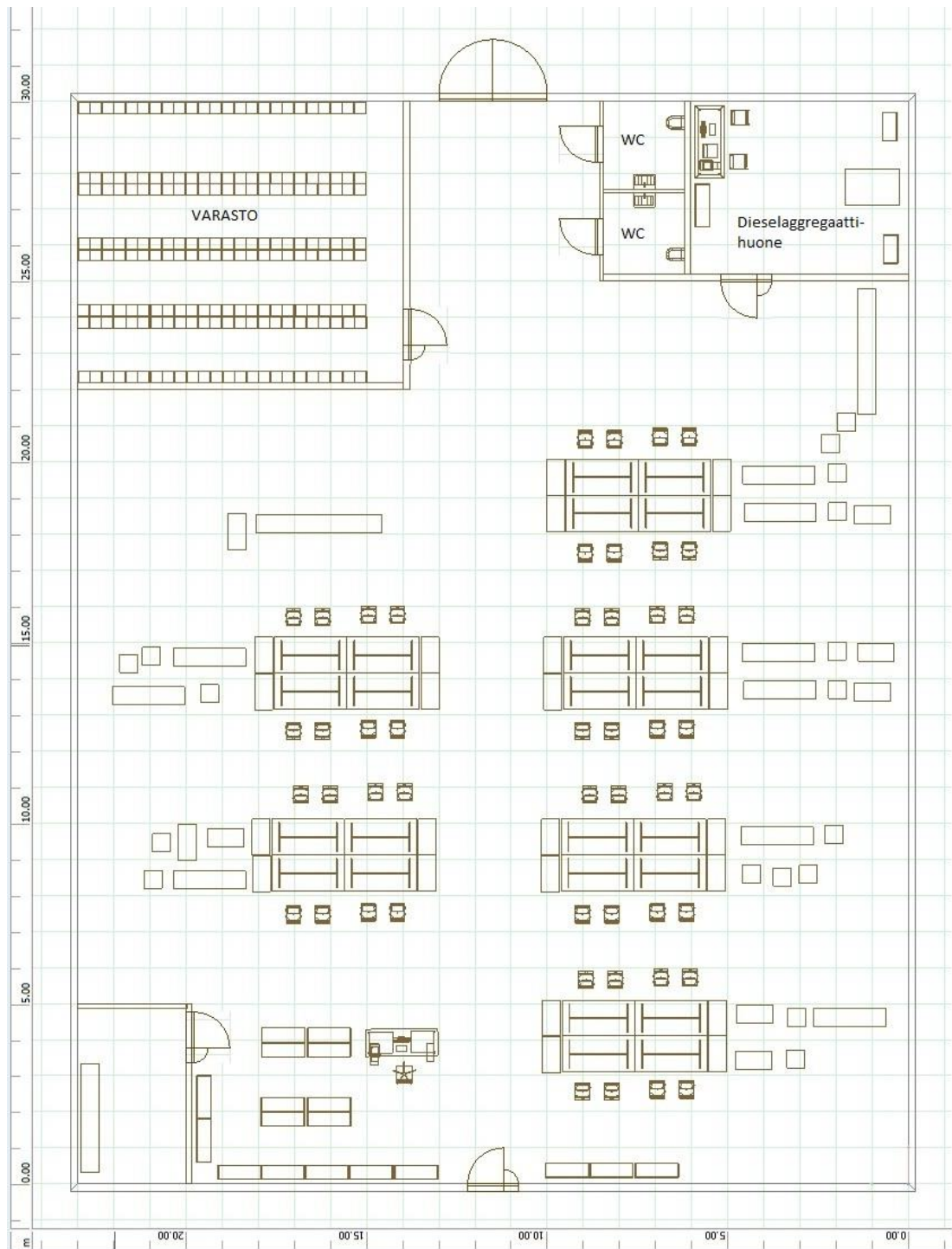
Tavaroiden sijoittelussa laboratoriotilaan on huomioitava, että liikkumisen tilassa tulee olla mahdollisimman helppoa ja turvallista. Niinpä päädyttiin ratkaisuun, jossa tilan keskellä on kolme metriä leveä ns. käytävä. Tämä toimii tilan jakajana ja pääasiallisena liikkumistienä laboratorion ovelta avattaville hallioville. Tätä käytävää pitkin kuljetaan myös varastolle ja dieselaggregaattihuoneeseen. Käytävän leveys mahdollistaa tavaroiden vaivattoman liikuttelun esimerkiksi pumppukärryillä varastosta työpisteille ja takaisin.

Työpisteet sijoitetaan käytävän molemminpuolin siten, että toisella puolella on neljä ja toisella puolella kahdeksan työpistettä. Työpisteiden suurin opiskelijamäärä on yhteensä 48 opiskelijaa. Tosin on otettava huomioon myös se, ettei ryhmän koko ole aina neljää opiskelijaa. Keskimäärin ryhmien koko on 3 - 4 opiskelijaa, jolloin oppilasmääräksi saadaan 36 - 48 opiskelijaa. Tilaan on myös mahdollista sijoittaa kaksi työpistettä lisää, jolloin oppilasmäärää saadaan vielä kasvatettua 8 henkilöllä.

Opettajan työpiste on sijoitettu tilaan oven viereen vasemmalle. Kaikki työpisteet ovat hallittavissa opettajan työpisteeltä TLC-ohjelmiston avulla. Työpisteiden päätyihin käytävän puolelle on sijoitettu säätövastukset, jotka on varustettu pyörillä siirtelyä varten. Työpisteiden seinän puoleisissa päädyissä on mitattavia laitteita, kuten moottoreita, muuntajia, vastuksia, generaattoreita jne. Laitteiden ollessa lähellä työpisteitä on mittaukset helppo suorittaa, eikä laitteita tarvitse siirrellä paikasta toiseen. Tämä helpottaa työskentelyä ja vähentää siihen kuluva aikaa.

Dieselaggregaatti on sijoitettu omaan tilaan, jossa voidaan suorittaa itsenäisiä mittauksia erillään muun laboratorion töistä. Tilaan on suunniteltu tarvittava pakokaasun poistojärjestelmä ja polttoaineen syöttöjärjestelmä. Tilaan on myös suunniteltu varoitusjärjestelmä korkeita pakokaasupitoisuuksia ja polttoainehöyryjä vastaan. Aggregaattihuoneessa on työpiste tarvittavine tietoteknisine laitteineen ja ohjelmat mittaustulosten dokumentointia varten.

Laboratorioon on suunniteltu myös varasto, johon sijoitetaan laitteet, joita käytetään harvemmin. Laboratoriotilan puolella on hyllyjä, joihin sijoitetaan mittauksissa käytettävää välineistöä esimerkiksi vastuksia, mittareita jne. (Kuva 11, ks. seur. s.)



Kuva 11. Sähkölaboratorio kalustettuna

Kuvassa on esitettyä laboratoriopöydät ja pöytien päädyissä erilaisia laitteita, kuten muuntajia ja vastuksia.

5.6 Sähkölaboratorion sähkösuunnittelu

Sähkölaboratorion sähkösuunnittelu aloitetaan arvioimalla sähköntarpeen suuruutta. On arvioitava kuinka suuri on yhtäaikaan toiminnassa olevien laitteiden aiheuttama maksimikuormitus ja tämän perusteella valitaan pääsulakkeiden suuruus ja lasketaan keskukselle tulevan syöttökaapelin koko.

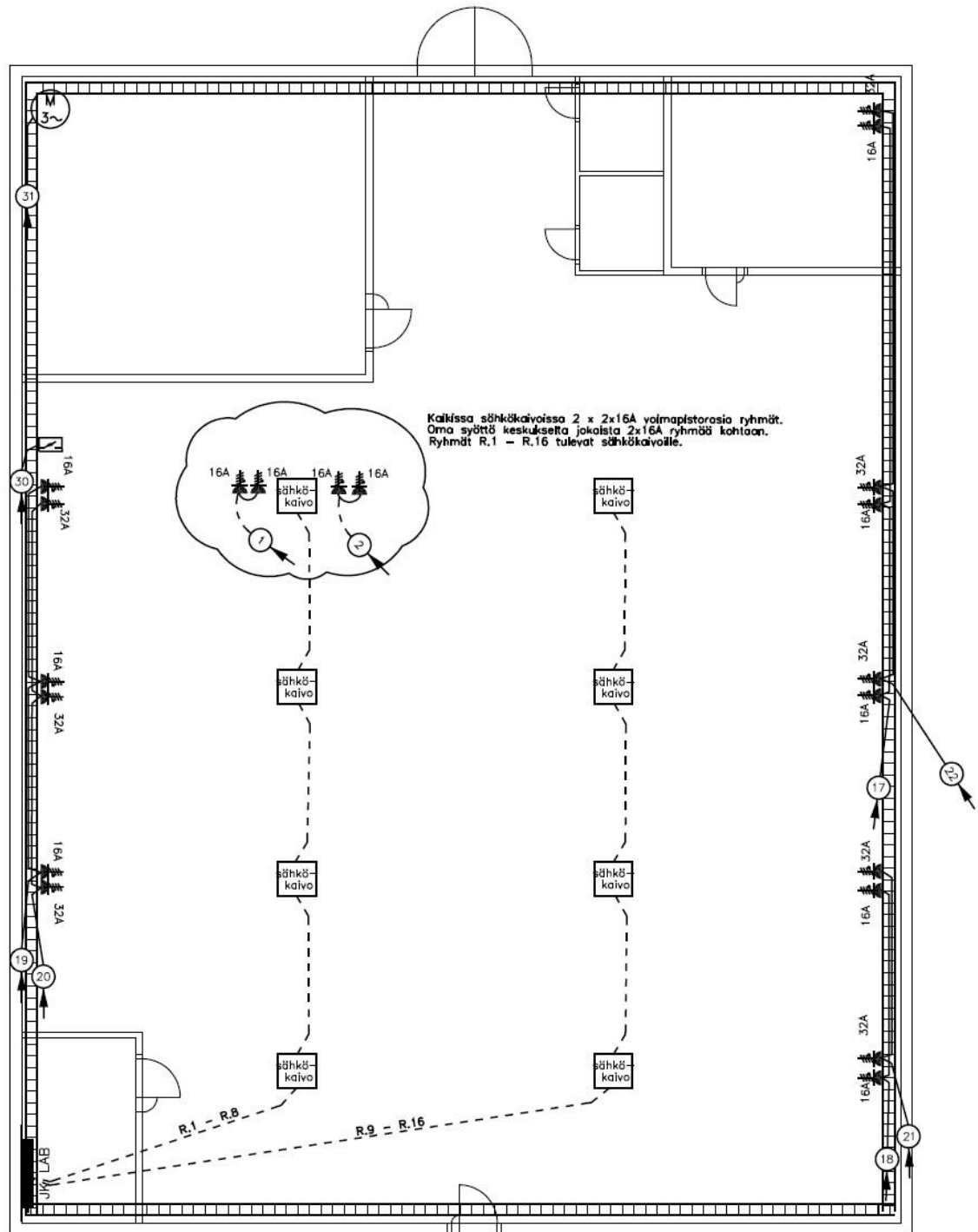
5.6.1 Sähkösuunnittelu

Sähkölaboratoriotilaan on suunniteltu 8 kpl 32 A:n kolmivaihepistorasioita, 40 kpl 16 A:n kolmivaihepistorasioita. 8 kpl lattialla olevia sähkökaivoja, joissa kussakin on 4 kpl 16 A:n kolmivaihepistorasioita.

Sähkökaivoihin tulee yhteensä 32 kpl 16 A:n voimavirtapistorasioita. Sähkökaivoissa kaksi voimavirtarasiaa kytketään samaan ryhmään, näin ollen yhteen sähkökaivoon tulee aina kaksi (5 x 2,5 S MMJ) syöttökaapelia sähkökeskukselta. Näistä sähkökaivoista otetaan syötöt työpisteille ja yhdestä ryhmästä otetaan aina vierekkäisten työpisteiden sähköt.

Laboratoriotilan seinustoille, missä moottorit ja muut koneet sijaitsevat, seitsemään pisteeseen tulee 16 A:n ja 32 A:n voimapistorasiat. Yhteen näistä pisteistä tuodaan myös 30 kW:n moottorille syöttökaapeli, joka voidaan kytkeä moottoriin omassa kytkentä kotelossa. Lisäksi dieselaggregaatti huoneeseen tulee 16 A:n ja 32 A:n voimapistorasiat.

Tilan valaistukselle sähkö tuodaan toiselta keskukselta, koska sähkölaboratorion keskus on tarkoitettu sähkölaboratorion laitteille, ja sen täytyy olla lukittavalla pääkytkimellä varustettu. Valaistus täytyy olla kytkettävissä myös silloin päälle, kun laboratorion keskus on pois päältä. (Kuva 12, ks. seur. s.)



Kuva 12. Sähkölaboratorion sähkösuunnitelma

5.6.2 Syötön mitoitus 30 kW:n moottorille

Syötön mitoituksessa lähdetään liikkeelle siitä, mitä mitoitetaan. Mitoituksessa järjestyksenä voidaan käyttää seuraavaa listaa:

- Tiedetään sähkölaite ja selvitetään kokonaisvirta.
- Valitaan sulake, kun tiedetään kokonaisvirta.
- Selvitetään asennusreitti, asennustapa ja lasketaan korjauskertoimilla johdolle kuormitettavuudet kokonaisvirralla.
- Valitaan kaapeli kuormitettavuuden ja asennustavan mukaan.

Esimerkkimoottori (M2BA 225 SMA, 986 rpm) valittiin ABB Motorsin valikoimista. Moottorin teho on 30 kW ja nimellisvirta (I_N) 56,5 A. [10.]

Moottorille täytyy vielä määrittää kokonaisvirta (I_{TOT}), ennen kuin voidaan alkaa mitoittaa johdinta. Kokonaisvirta saadaan ABB:n oppaan nro 7 mukaan. Kokonaismoottorivirta arvioidaan 120 %:n momentilla, joka saadaan seuraavasta kaavasta 1: [11.]

$$I_{TOT} = \frac{T_{kuorma}}{T_N} \times I_N = 1,2 \times 56,5A = 67,8A \approx 68A \quad (1)$$

Kun kokonaisvirta on saatu määritettyä, voidaan siirtyä sulakkeen valintaan. Sulakkeeksi otetaan tähän Gg-sulake, jolle sulakearvo saadaan virran mukaan seuraavasta taulukosta 1:

Taulukko 1. Johtojen pienimmät kuormitettavuudet käyttäessä gG-sulaketta ylikuormitussuojana

gG-tyyppisen sulakkeen suurin sallittu nimellisvirta A	Johdon sallittu kuormitus vähintään A
6	8
10	13,5
16	18
20	22
25	28
32	35
35	39
40	44
50	55
63	70
80	88
100	110
125	138
160	177
200	221
250	276
315	348
400	441
500	552

Kokonaisvirran ollessa 68 A sulakkeeksi valitaan silloin 80 A:n sulake, jolla johdon sallittu kuormitus on oltava vähintään 88 A.

Kaapelin reitti moottorille kulkee sähkökomerossa olevasta sähkökeskuksesta sähkölaboratoriohalliin. Kaapeli kulkee alkumatkan pystyssä kaapelitikkailla katonrajaan, josta se jatkaa rei'ittämättömällä vaakahyllyllä moottorin viereiselle seinustalle. Hyllyltä kaapeli tuodaan alas seinäkiinnikkeillä moottorille. Asennustapana tässä on C.

Asennustavat ovat uppoasennus (asennustapa A), pinta-asennus (asennustapa C), maa-asennus (asennustapa D) ja vapaasti ilmaan tehtävä asennus (asennustapa E), jotka esitetään taulukossa 2:

Taulukko 2. Johtojen kuormitettavuudet (A) eri asennustavoilla

Johtimen nimellispoikki- pinta (mm ²)	SFS 6000:n mukaiset asennustavat			
	A	C	D	E
Kupari				
1,5	14	18,5	26	19
2,5	19	25	35	26
4	24	34	46	36
6	31	43	57	45
10	41	60	77	63
16	55	80	100	85
25	72	102	130	107
35	88	126	160	134
50	105	153	190	162
70	133	195	240	208
95	159	236	285	252
120	182	274	325	292
150	208	317	370	338
185	236	361	420	386
240	278	427	480	456
300	316	492	550	527
Alumiini				
16	43	62	78	65
25	56	77	100	83
35	69	95	125	102
50	83	117	150	124
70	104	148	185	159
95	125	180	220	194
120	143	209	255	225
150	164	240	280	260
185	187	274	330	297
240	219	323	375	350
300	257	372	430	404

Sähkökaapelin korjauskertoimet reitillä sähkökaapista laboratoriohalliin määräytyvät lämpötilan ja kaapelitikkaiden mukaan. Lämpötilan sähkökomerossa voidaan olettaa

kohoavan ainakin 35 C°, ja kaapelitikkailla kulkee vähintään kuusi kaapelia. Näistä saadaan korjauskertoimiksi lämpötilalle 0,88 ja tikkaille 0,79 tältä reitiltä.

Sähkölaboratoriotilan korjauskertoimet muodostuvat samalla tavalla lämpötilan ja umpinaisen rei'ittämättömän vaakahyllyn mukaan. Lämpötilaksi voidaan olettaa sisätiloissa 25 C°, kun koneet ovat lämmittäneet ilmaa. Umpiarinalla tulee kulkemaan noin viisi kaapelia ainakin alkumatkalla, lähdettäessä sähkökomerolta. Näin ollen korjauskertoimiksi tulee lämpötilasta 1,0 ja hyllystä kaapeleineen 0,79.

Kaapelin alasviennille ei lasketa korjauskerrointa, koska taulukoista voidaan suoraan todeta, ettei virta muutu 88 A:sta. Korjauskertoimet ovat taulukoissa 3 ja 4 (ks. seur. s.)

Taulukko 3. Ilmaan asennettavien kaapelien yhteydessä käytettävät korjauskertoimet, kun lämpötila poikkeaa 25 C°

Ympäristön lämpötila C°	Korjauskerroin johtimen eristeen mukaan	
	PVC	PEX ja EPR
10	1,15	1,11
15	1,10	1,07
20	1,05	1,04
25	1,00	1,00
30	0,94	0,96
35	0,88	0,92
40	0,82	0,88
45	0,75	0,84
50	0,67	0,79
55	0,58	0,73
60	0,47	0,68
65	-	0,62
70	-	0,56
75	-	0,48
80	-	0,39

Taulukko 4. Korjauskertoimet ryhmille, joissa on useita kaapeleita tai virtapiirejä

Sijointus (Kaapelit koskettavat toisiaan)	Virtapiirien tai monijohdinkaapelien lukumäärä								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Nipussa ilmassa, pinnalla, upotettuna tai kotelon sisällä	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50
Yhdessä kerroksessa seinällä, lattialla tai rei'ittämättömällä kaapelihyllyllä	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,71
Yhdessä kerroksessa kiinnitettynä suoraan puukaton alapuolelle	0,95	0,85	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61
Yhdessä kerroksessa rei'itetyllä kaapelihyllyllä vaakatai pystysuunnassa	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72
Yhdessä kerroksessa tikkailla, tuilla tai kiinnikkeillä	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78

$$\frac{88A}{0,79 \times 0,88} = 126,58 \approx 127A \quad ja \quad \frac{88A}{1,0 \times 0,73} = 120,6 \approx 121A \quad (2)$$

Edellä on laskettuna korjattu kuormitettavuus kaapelille. Lasketuista arvoista valitaan suurempi. Tämän perusteella valitaan kaapeli, jonka kuormitettavuus on vähintään 127A. Kaapeli valitaan taulukosta 2 asennustapa C:n sarakkeesta.

Virran ollessa 127 A valittavina on 50 mm² kupari 153 A kuormitettavuudella tai 70 mm² alumiini 148 A kuormitettavuudella. Näistä kahdesta kannattaa valita alumiini, koska johdinpinta-alat ovat niin lähellä toisiaan. Tämä sen takia, että kupari on huomattavasti kalliimpaa kuin alumiini. Valitsemalla alumiinikaapeli saadaan säästettyä kustannuksissa. [12.]

5.6.3 Sähkökeskuksen syötön mitoitus

Keskukseen tulevan syötön mitoitus on hankala, koska ei voida olettaa kaikkien laitteiden olevan päällä saman aikaisesti. Tässä on otettu sulakkeeksi 250 A gG-sulake ja sen mukaan lähdetty mitoittamaan syöttökaapelia keskukselle.

Kaapelille lasketaan korjauskerroin arvoilla, jotka on esitetty taulukoista 3 ja 4 (ks. s. 26 – 27). Korjauskertoimeksi lämpötilasta otetaan sama kuin 30 kW:n moottorin syötön mitoituksessa, eli 0,88. Kaapelin sijoitukselle korjauskerroin on taulukossa 4 ja on yhdessä kerroksessa rei'itetyllä kaapelihyllyllä vaaka- tai pystysuunnassa. Kaapeli asennetaan yksin hyllylle, jolloin korjauskerroin on yksi.

Sulakkeena on 250 A:n gG-sulake, jonka johdon sallittu kuormitus on vähintään 276 A. Arvot löytyvät taulukosta 1.

Näiden tietojen perusteella voidaan laskea kuormitettavuus kaapelille (kaava.3):

$$\frac{276A}{1.00 \times 0,88} = 313,636 \approx 314 A \quad (3)$$

Laskettu kuormitus kaapelille on 314 A, taulukosta 2. katsotaan kaapeli lasketulle virta-arvolle asennustavalla C. Kaapeliksi tulisi 150 mm² Cu tai 240 mm² Al. Näistä kahdesta kannattaa valita alumiinikaapeli, vaikka se on paksumpi, koska alumiinikaapeli on hinnaltaan edullisempi.

AMCMK 4 x 240 mm² + 72 mm² CuS-kaapelin metrihinta sähkötukusta on n. 20 €/m, kun taas MCMK 4 x 150 mm² + 70 S hinta on n. 66 €/m. Alumiinikaapelin hinta on noin kolmanneksen vastaavasta kuparisesta. Hinnat tarkistettu SLO sähkötukusta 28.12.2012. [12.]

5.7 Sähkötilan siivoaminen

Sähkötilojen siivoamiseen on annettu oma siivoushenkilöstön opastusohje standardin SFS 6002 liitteessä Z.2.4. Standardissa annettu opastusohje velvoittaa perehdyttämään sähkötiloja siivoavat henkilöt. Ohjeistus on tärkeää käydä läpi silloin, kun henkilöt siivoavat tilat itse. Laboratoriot luokitellaan erikoistiloiksi, joiden siivoamisessa on otettava ensisijaisesti huomioon siistijän henkilöturvallisuus, ja ettei laitteita vahingoiteta siivouksen yhteydessä.

Sähköllä toimivien siivousvälineiden virransyötön saa ottaa ainoastaan siivous-tekstillä varustetuista pistorasioista. Siivouspistorasiaan ei saa normaalioloissa olla sähköt kytkettyinä. Laboratorion sisääntulo-oven vieressä on oltava avainkytkin, josta siivouspistorasioihin saadaan kytkettyä sähköt. Tilojen sähkönjakelun ohjaus on oltava toteutettu niin, että kytkettäessä siivouspistorasioihin sähköt tilojen muut sähköt kytkeytyvät pois päältä, valaistusta lukuunottamatta. Avain on aina siivouksen päätyttyä poistettava kytkimestä.

Siivottaessa on vältettävä veden ja puhdistusaineiden käyttöä. Siivous suositetaan tehtäväksi harjalla lakaisten ja kostealla liinalla pyyhkien. Laboratoriossa olevia erikoistiloja ei saa siivota. Tällaisia tiloja ovat suurjännitelaboratorion koestustila sekä tutkimuslaboratorion häiriösuojattuhuone. Nämä tilat siivotaan ainoastaan erillisestä pyynnöstä ja paikalla on tällöin oltava laboratoriohenkilökuntaan kuuluva henkilö. [13.]

6 Yhteenveto

Työnssä perehdyttiin sähkölaboratorion suunnitteluun. Alussa selvitettiin tapaamisessa tilaajan, Metropolia Ammattikorkeakoulun, kanssa toiveet sähkölaboratorion suhteen. Tämän jälkeen perehdyttiin sähkölaboratoriota koskeviin standardeihin ja säännöksiin.

Työn alussa on listattu tilaajan vaatimuksia sähkölaboratorion osalta. Näiden asioiden pohjalta lähdettiin suunnittelemaan sähkölaboratoriota. Asiakkaan toiveiden mukaisesti sähkölaboratorioon suunniteltiin myös uusi monikäyttöinen laboratoriokalustus, joka nostaa tilan käyttöastetta.

Tämän työn valmistumisen aikana on Metropoliaassa tehty päätös toimintojen keskittämisestä neljään kampukseen ja opetuksen loppumisesta Albertinkatu 40 - 42. Uusi sähkölaboratorio järjestetään jonnekin uusiin tiloihin tai mahdollisesti rakentamaan kokonaan uusi.

Tässä työssä suunniteltu sähkölaboratorio antaa kuvan laboratorion suunnittelusta ja suunnitteluun liittyvistä standardin aiheuttamista vaatimuksista turvallisuuden suhteen. Tätä työtä voidaan tulevaisuudessa mahdollisesti hyödyntää uuden sähkölaboratorin suunnittelussa ja toteutuksessa. Työtä mahdollisesti hyödynnettäessä on huomioitava standardien mahdolliset muutokset ja niiden päivitykset. Standardien saattaminen ajantasaisiksi on muistettava tehdä ennen suunnittelun aloittamista.

Lähteet

- [1] SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO SFS-käsikirja 600 2007,
Pienjänniteasennukset ja sähköturvallisuus SFS 6000-8-803 Sähkölaitekorjaamot ja laboratoriot s. 563 kohta 803.11 Soveltamisala
- [2] SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO SFS-käsikirja 600 2007,
Pienjänniteasennukset ja sähköturvallisuus SFS 6000-8-803 Sähkölaitekorjaamot ja laboratoriot s. 563 kohta 803.4 Suojausmenetelmät, 803.410.3.5 Perussuojauksen menetelmä
- [3] SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO SFS-käsikirja 600 2007,
Pienjänniteasennukset ja sähköturvallisuus SFS 6000-8-803 Sähkölaitekorjaamot ja laboratoriot s. 565 kohta 803.4 Suojausmenetelmät, 804.514 Tunnistaminen
- [4] SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO SFS-käsikirja 600 2007,
Pienjänniteasennukset ja sähköturvallisuus SFS 6000-8-803 Sähkölaitekorjaamot ja laboratoriot s. 564 kohta 803.4 Suojausmenetelmät, 803.411 Vikasuojaus
- [5] SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO SFS-käsikirja 600 2007,
Pienjänniteasennukset ja sähköturvallisuus SFS 6000-8-803 Sähkölaitekorjaamot ja laboratoriot s. 565 kohta 803.4 Suojausmenetelmät, 803.537 Erottaminen ja kytkentä
- [6] SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO SFS-käsikirja 600 2007,
Pienjänniteasennukset ja sähköturvallisuus SFS 6000-5-53 Erottaminen, kytkentä ja ohjaus, s. 301 – 307 kohta 537 Erottaminen ja kytkentä
- [7] http://www.oem.fi/Tuotteet/Turva/HataSeis_painikkeet/Hataseiskotelot/823559-515832.html
- [8] SUOMEN STANDARDISOIMISLIITTO SFS-käsikirja 600 2007,
Pienjänniteasennukset ja sähköturvallisuus SFS 6000-8-803 Sähkölaitekorjaamot ja laboratoriot s. 566 kohta 803.4 Suojausmenetelmät, 803.6 Tarkastukset

[9] http://www.teklab.fi/Upload/Teklab_download/Brochures/TEKLAB%20tuotekatalogi%202012%20www.pdf

[10] IE2 Vakiovalurautamoottorit

[http://www05.abb.com/global/scot/scot234.nsf/veritydisplay/5d314bdc236841bac12579750041c92e/\\$file/General%20performance%20IE2%20high%20efficiency%20motors%209AKK105496%20EN%2012_2011.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot234.nsf/veritydisplay/5d314bdc236841bac12579750041c92e/$file/General%20performance%20IE2%20high%20efficiency%20motors%209AKK105496%20EN%2012_2011.pdf)

[11] ABB Tekninenopas nro:7

[http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/b11d4fe92973be93c1256d2800415027/\\$file/tekninen_opasnro7.pdf](http://www05.abb.com/global/scot/scot201.nsf/veritydisplay/b11d4fe92973be93c1256d2800415027/$file/tekninen_opasnro7.pdf)

[12] D1-2009 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. STUL ry: Espoo 2009. Luettu 18.12.2012

[13] <http://seduahtariaikka1.wikispaces.com/file/view/S%C3%A4hk%C3%B6siivous>.

